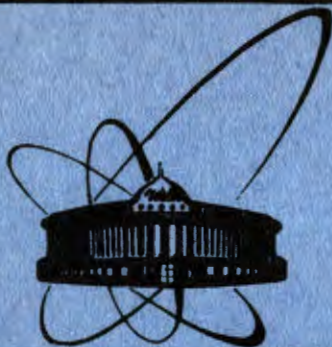


2.8/IV-84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2064/84

6-84-96

К.Я.Громов, Т.А.Исламов, Г.А.Кононенко,
Н.А.Лебедев, В.А.Морозов, Т.М.Муминов,
А.Х.Холматов

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА
КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ^{133}Ce

Направлено на XXXIV Совещание
по ядерной спектроскопии
и структуре атомного ядра
/Алма-Ата, апрель 1984/,
а также в Известия АН СССР /сер.физ./

1984

1. ВВЕДЕНИЕ

Радиоактивный изотоп ^{133}Ce ($T_{1/2} = 6,3$ ч.) был обнаружен Стовером^{/1/}. Работая с моноизотопным источником ^{133}Ce , Гершел и др.^{/2/} установили, что этот изотоп имеет две активности с периодами полураспада $T_{1/2} = 5,405/$ ч. и $T_{1/2} = 97/4/$ мин. Период полураспада долгоживущего изомера ^{133}Ce уточнен в работе^{/3/} $T_{1/2} = 4,93$ ч./ . Экспериментальному исследованию распада этих изомеров посвящен ряд работ^{/4-7/}, которые включают в себя измерения спектров γ -лучей^{/4-5/}, электронов внутренней конверсии $\beta\text{VK}/^{4-7/}$ и γ - γ -совпадений^{/5/} при распаде ^{133}Ce .

В настоящей работе измерены спектры ЭВК при распаде ^{133}Ce на бета-спектрографе с постоянным магнитным полем при последующем усилении изображений линий ЭВК на фотопластинках. Результаты этих исследований позволили обнаружить ряд новых переходов, разместить их в схеме уровней ^{133}La , определить и уточнить интенсивности ряда линий КЭ и мультипольности γ -переходов в диапазоне энергии $E_\gamma = 20 \div 650$ кэВ.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Фракция церия была получена в реакции глубокого расщепления гадолиния протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ. Источники для бета-спектрографов готовились методом электролитического осаждения фракции изотопов церия на платиновую проволочку диаметром 0,1 мм.

Спектр ЭВК изучался на бета-спектрографах с постоянным однородным магнитным полем^{/8/} и разрешающей способностью 0,03-0,07%. Для регистрации ЭВК использовались фотопластинки типа Р-50. Фотометрирование полученных фотопластинок проводилось на автоматическом микрофотометре^{/9/}, связанном с ЭВМ ЕС-1010. На рис.1 показан участок спектра ЭВК цериевой фракции, полученный в настоящей работе. С целью обнаружения слабых линий ЭВК спектры на фотопластинках были усилены с помощью радиоактивной $^{35}\text{S}/^{10/}$ /см.рис.2/.

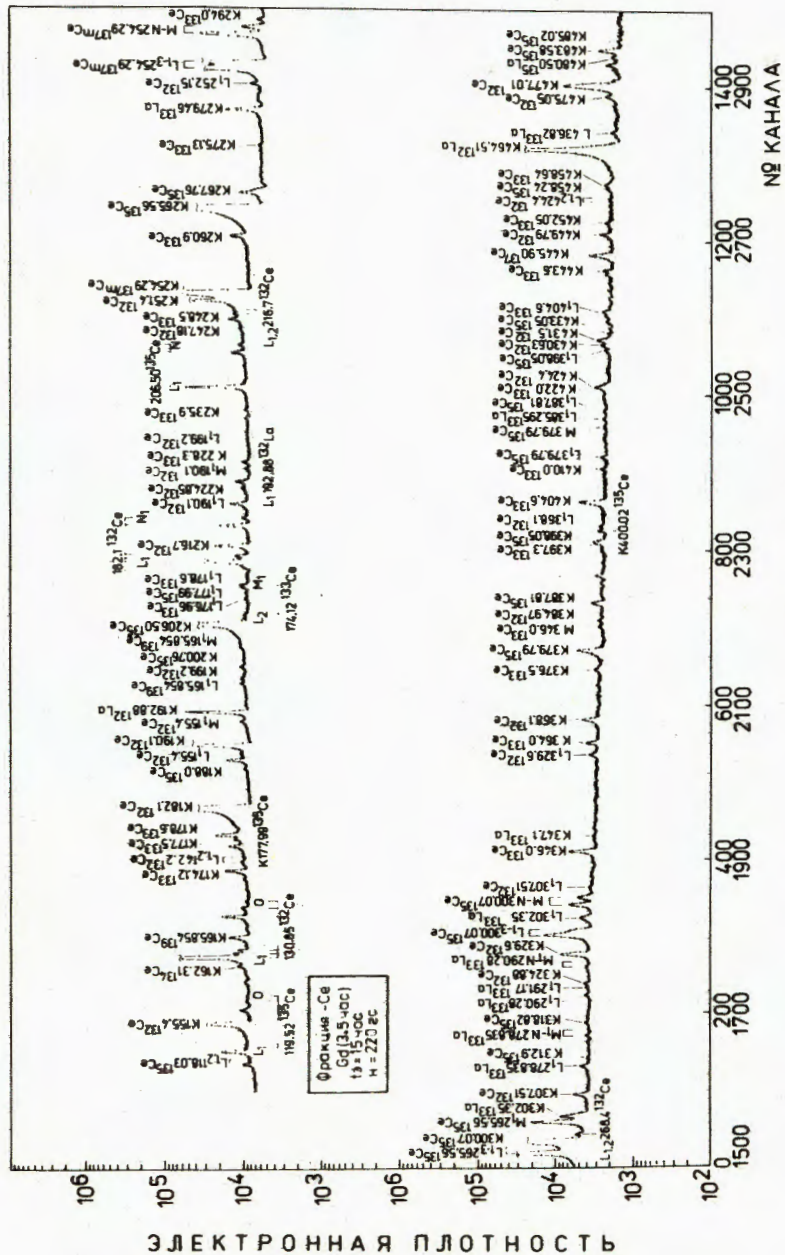


Рис. 1. Участок спектра ЭВК цериевой фракции.

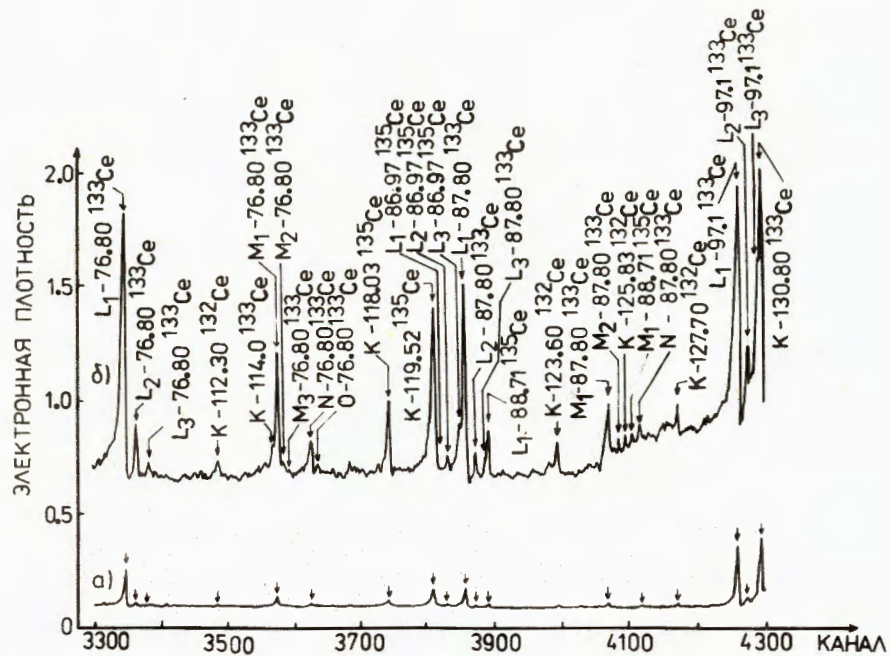


Рис. 2. Участок спектра ЭВК цериевой фракции. а/ до усиления; б/ после усиления.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

а/ Распад 5-часового ^{133}Ce

Исследование спектра ЭВК цериевой фракции в диапазоне энергий 20 ± 650 кэВ позволило определить относительные интенсивности ЭВК около 70 γ -переходов 5-часового ^{133}Ce . Среди них имеются линии ЭВК 16 ранее неизвестных γ -переходов. Полученные результаты: энергии γ -переходов и относительные интенсивности линий ЭВК представлены в табл.1 и 2. В табл.1 приведены сведения только о γ -переходах, для которых определены относительные интенсивности K-, L₁-, L₂- и L₃-линий ЭВК. Значения относительных интенсивностей K-линий для всех наблюдаемых в нашей работе γ -переходов представлены в табл.2, где также приведены данные из [5] об относительных интенсивностях γ -лучей и размещении γ -переходов в схеме распада 5-часового ^{133}Ce .

Как видно из табл.2, относительные интенсивности γ -лучей нормированы к γ -переходу 477,22 кэВ / $I_{\gamma} = 1000/$. Для связи шкал относительных интенсивностей γ -лучей и ЭВК в табл.2 мы использовали расчетное [11] значение коэффициента внутренней конверсии (α_K) для перехода 58,39 кэВ типа E1: $\alpha_K = 0,86$. Мультипольность

этого γ -перехода была установлена из отношений L_1 -, L_2 - и L_3 -линий КЭ /см.рис.3 и табл.1/. Из сравнения экспериментальных и расчетных /11/ отношений интенсивностей L_1 -, L_2 - и L_3 -линий ЭВК определены отношения смешивания мультипольностей следующих γ -переходов: 42,7 - $M1+2,5(6)\%E2$; 87,939 - $M1+0,26(14)\%E2$; 97,261 - $M1+2,4(5)\%E2$ и 130,803 кэВ - $M1+(5,4^{+1,2}_{-0,9})\%E2$ /см.рис.4/. Мультипольности остальных γ -переходов были определены на основании значений α_K . Заключение о мультипольности для 40 γ -переходов сделаны впервые. Выводы о мультипольности для остальных γ -переходов согласуются с данными /4,5,7/.

б/ Распад 97-минутного ^{133}Ce

в/5/ к распаду 97-минутного ^{133}Ce отнесены пять γ -переходов 76,9; 97,3; 174,0; 376,7 и 557,7 кэВ. В наших измерениях удалось наблюдать линии ЭВК для всех этих γ -переходов. Полученные результаты: энергии γ -переходов и относительные интенсив-

Таблица 1
Сведения об электронах внутренней конверсии 5-часового ^{133}Ce

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$, кэВ	$I_K(\Delta I_K)$	$I_{L_1}(\Delta I_{L_1})$	$I_{L_2}(\Delta I_{L_2})$	$I_{L_3}(\Delta I_{L_3})$
42,7(I)		2,5(3)	0,80(7)	$\leq 0,4$
58,39(3)	422(38)	39,8(32)	9,1(7)	13,3(II)
87,939(II)	190(30)	28(3)	2,6(3)	0,70(8)
97,26(10)	49,3(46)	6,3(6)	0,80(8)	$\leq 0,27$
130,803(10)	205(24)	23,3(25)	3,9(3)	2,1(2)
174,0(2)	0,26(4)	сложн.	0,023(3)	0,021(3)
178,65(3)	6(I)	0,8(I)	-	-
228,59(6)	0,9(2)	0,15(3)	-	-
248,95(2)	2,3(5)	1,30(25)	0,70(15)	-
261,396(14)	2,9(4)	0,4(I)	-	-
346,39(5)	3,5(5)	0,5(I)	-	-
364,19(4)	0,8(2)	0,10(3)	-	-
404,78(4)	3,3(7)	$\Sigma I_{L_1}=0,5(I)$	-	-
477,22(4)	9,82	$\Sigma I_{L_1}=1,5(3)$	-	-
510,36(7)	6,4(10)	$\Sigma I_{L_1}=0,9(2)$	-	-

Таблица 2. Данные о γ -переходах при распаде 5-часового ^{133}Ce

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$, кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$ /5/	$I_K(\Delta I_K)$	$\alpha_K(\Delta \alpha_K)$	МУЛЬТИПОЛЬНОСТЬ	$E_i \rightarrow$	E_f
I	2	3	4	5	6	7
42,7(I)	2,0(I)			$M1+2,5(6)\%E2$	130	87
$H_{50,09}(10)$		$\leq 0,5$			59I	54I
58,39(3)	49I(10)	422(38)	0,66	E1	535	477
$H_{63,93}(11)$		0,50(15)			54I	477
$H_{72,39}(10)$		1,5(4)			1468	1396
$H_{72,67}(10)$		0,20(7)			1850	1778
$H_{86,11}(12)$		0,12(4)			563	477
87,939(II)	13I(3)	190(30)	1,45(23)	$M1+0,26(14)\%E2$	87	0
97,261(10)	44,8(10)	49,3(46)	1,1(2)	$M1+2,4(5)\%E2$	97	0
$H_{102,6}(1)$		0,08(3)			1850	1748
$H_{112,03}(11)$		0,15(6)			950	838
$H_{114,02}(11)$		$\approx 0,05$			59I	477
$H_{118,96}(13)$		0,08(3)			654	535
130,803(10)	457(10)	205(24)	0,45(5)	$M1+(5,4^{+1,2}_{-0,9})\%E2$	130	0
$H_{135,5}(2)$		$\leq 0,1$			1850	1715
$H_{150,3}(2)$		0,20(6)			1468	1318

Таблица 2 / продолжение /

I	2	3	4	5	6	7
H159,56(I8)		0,10(4)			654	495
H165,72(I8)		0,4(I)			950	784
I73,20(I2)	4,2,4	0,12(4)	>0,05	М, Е2	1153	980
I74,0(2)	1,6(8)	0,26(4)	0,16(8)	Е2	1735	1561
I77,3(3)	1,3(5)	0,25(4)	0,192(78)	М, Е2	654	477
I78,65(3)	3I(I)	6(I)	0,193(33)	М, Е2	2036	1857
204,16(I2)	1,3(4)	0,18(4)	0,138(51)	М, Е2		
211,65(6)	7,0(5)	0,8(2)	0,11(3)	М, Е2	1365	1153
H221,2(I)		≈0,05			784	563
221,97(9)	2,2(4)	0,20(7)	0,091(36)	М, Е2		
224,16(7)	3,6(4)	0,3(I)	0,083(27)	М, Е2	765	541
228,59(6)	9,7(5)	0,9(2)	0,093(21)	М, Е2	2035	1806
235,9(2)	9/3/	0,20(4)	0,022(4)	(Е1)		
248,95(2)	34,0(8)	2,3(5)	0,068(15)	Е2	784	535
256,6(2)	1,3(5)	40,1	40,07	(М, Е2)		
261,396(I4)	44,4(I0)	2,9(4)	0,065(9)	М, Е2	1045	784
264,7(I)	1,8(4)	≈0,1	≈0,056	М, Е2	1310	1045
274,84(7)	3,4(5)	0,18(4)	0,053(13)	М, Е2	838	563

Таблица 2 / продолжение /

I	2	3	4	5	6	7
278,0(I)	≈6	0,09(2)	≈0,015	Е1	2062	1784
287,73(8)	4,4(6)	сложн.			765	477
294,23(5)	12,7(6)	0,5(I)	0,04(I)	Е2	1690	1396
H296,0(I)		0,10(4)			950	654
300,54(I0)	6,1(I0)	0,25(4)	0,041(9)	М, Е2	2036	1735
307,30(6)	23,8(9)	0,25(4)	0,011(2)	Е1	784	477
354,45(8)	5,1(6)	0,16(5)	0,03(9)	М, Е2	1468	1153
319,03(7)	8,0(7)	0,28(4)	0,035(6)	М, Е2	1365	1045
339,03(5)	24,9(I5)	сложн.			1735	1396
342,65I(9)	3,0(5)	≈0,03 ^{сложн.}	≈0,01		2200	1857
346,39(5)	106(2)	3,5(5)	0,033(5)	М1	477	130
360,96(I0)	2,4(6)	≈0,07	≈0,029	М1	838	477
364,19(4)	32,0(8)	0,8(2)	0,025(6)	М, Е2	495	130
369,9(2)	4,8(I0)	≈0,06	≈0,013	(Е1)		
376,71(9)	3,9(5)	0,09(4)	0,025(I2)	М, Е2		
389,37(9)	5,4(5)	0,10(3)	0,019(6)	Е2(М1)	477	87
392,16(8)	8,1(5)	0,15(3)	0,019(4)	Е2(М1)		
397,75(6)	15,3(6)	0,30(5)	0,019(4)	Е2(М1)	495	97

Таблица 2 / продолжение /

1	2	3	4	5	6	7
404,78(4)	43,3(9)	3,3(7)	0,076(16)	MI	535	130
407,7(1)	6,3(5)	0,13(3)	0,021(5)	MI, E2	495	87
410,39(10)	18,4(6)	0,4(1)	0,022(5)	MI, E2	541	130
415,4(1)	2,5(6)	≈0,1	≈0,04	(MI, E2)		
422,92(5)	18,1(6)	0,30(6)	0,017(3)	MI, E2	1468	1045
432,55(4)	90(2)	0,94(15)	0,011(2)	E2(+MI)	563	130
437,69(7)	4,2(5)	0,10(3)	0,023(7)	MI	1092	654
453,27(5)	25(4)	0,30(5)	0,012(3)	MI, E2	541	87
455,28(10)	2,8(9)	≈0,05	≈0,018	MI, E2	950	495
475,49(6)	81(2)	1,0(3)	0,012(4)	MI, E2	563	87
477,22(4)	1000	≈9,82	0,00982	E2	477	0
510,36(7)	528(12)	6,4(10)	0,012(2)	MI	1045	535
523,76(5)	80(2)	0,6(1)	0,008(1)	E2	654	130
541,09(10)	75(10)	0,8(2)	0,011(3)	MI	541	0
546,86(8)	5,8(5)	≈0,06	≈0,01	(MI)	1735	1188
571,06(10)	4,1(10)	≈0,05	≈0,012	(MI)		
597,36(14)	9,6(8)	0,07(2)	0,007(2)	MI	1092	495

Таблица 2 / продолжение /

1	2	3	4	5	6	7
611,83(6)	66,2(16)	0,45(5)	0,0068(7)	MI(+E2)	1396	784
615,39(12)	6,9(8)	≈0,06	≈0,0087	(MI)	1092	477
617,7(2)	42(6)	0,30(5)	0,0071(13)	MI(+E2)	1153	535

Примечание: "н" - новые γ -переходы; "сложн." - на месте расположения линии наблюдаются несколько неразрешенных линий.

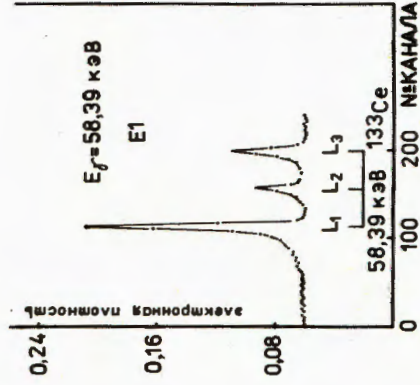


Рис.3. L_1 -, L_2 - L_3 -линии 9ВК γ -перехода 58,39 кэВ ^{133}Ce .

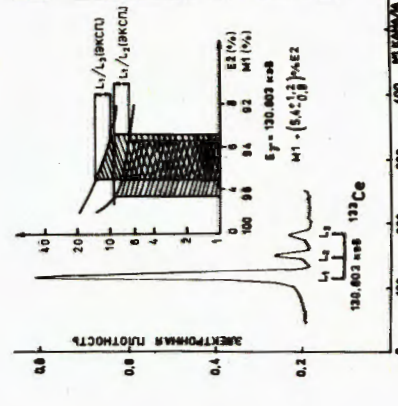


Рис.4. К определению мульти-польности γ -перехода 130,8 кэВ 5-часового ^{133}Ce .

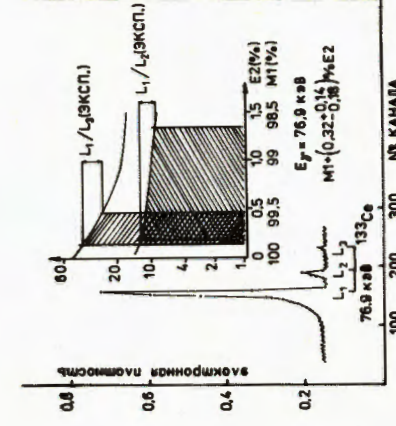


Рис.5. К определению мульти-польности γ -перехода 76,9 кэВ 97-минутного ^{133}Ce .

Таблица 3. Данные о γ -переходах при распаде 97-минутного ^{133}Ce

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$, кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$ /5/	Линия кэВ	$I_e(\Delta I_e)$	$\alpha_K(\alpha K_K)$	Мультипольность	$E_i \rightarrow E_f$
76,9(5)	350(50)	K	668(65)	I, 9I(3I)	M1+(0,32+0,14) -0,18)%E2	I74 97
		L1	84(8)			
		L2	8,8(9)			
		L3	2,3(3)			
97,26I(10)	1000(150)	K	1100(100)	I, I(2)	M1+2,4(5)%E2	97 0
		L1	140(13)			
		L2	17,5(18)			
		L3	46			
174,0(5)	9(2)	K	1,94(30)	0,2I5(55)	E2	I74 0
		L1	сложн.			
		L2	0,17(2)			
		L3	0,16(2)			
376,7(3)	≈ 20	K	0,5(2)	$\approx 0,025$	M1(E2)	
557,7(3)	250(50)	K	1,6(3)	0,0064(16)	E2	
		L2	0,25(3)			

ности ЭВК представлены в табл.3. Там же приведены данные из [5] об относительных интенсивностях γ -лучей, а также наши выводы о мультипольности γ -переходов и размещении этих γ -переходов в схеме распада 97-минутного ^{133}Ce . Интенсивности γ -лучей нормированы к γ -переходу 97,26 кэВ $/I_{\gamma} = 1000/$. Нормировка относительных интенсивностей γ -лучей и ЭВК была сделана через γ -переход 76,9 кэВ типа M1 + 0,32%E2. Мультипольность этого γ -перехода была определена из отношений интенсивностей L_1^- , L_2^- и L_3^- линий ЭВК /см.рис.5/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stover B. Phys.Rev., 1951, 81, p.8.
2. Gerschel C. et al. Compt.Rend., 1967, 264, p.183.
3. Genrke R.J., Helmer R.G. J.Inorg. Nucl.Chem., 1976, 38,p.1929.
4. Gerschel C. Nucl.Phys., 1968, A108, p.337.
5. Henry E.A., Meyer R.A. Phys.Rev., 1978, C18, p.1814.
6. Абдумаликов А.А. и др. ЯФ, 1966, 3, с.441.
7. Abdul-Malek A. et al. Nucl.Phys., 1968, A108, p.401.
8. Абдуразаков А.А. и др. Бета-спектрографы с постоянными магнитами. ФАН, Ташкент, 1970.
9. Исламов Т.А. и др. ОИЯИ, P10-12794, Дубна, 1979.
10. Громова И.И. и др. ОИЯИ, P6-82-487, Дубна, 1982.
11. Hager R.S., Seltzer E.C. Nucl.Data, 1968, A4, p.1.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 февраля 1984 года

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Громов К.Я. и др. 6-84-96
Исследование спектра конверсионных электронов ^{133}Ce

Исследован спектр электронов внутренней конверсии /ЭВК/ ^{133}Ce при помощи бета-спектрографа с постоянным магнитным полем. Обнаружены линии 16 ранее неизвестных γ -переходов. Из отношений интенсивностей L_1 -, L_2 - и L_3 -линий ЭВК определены отношения смешивания мультипольностей γ -переходов с энергиями: 42,7; 58,4; 76,9; 87,9; 97,3 и 130,8 кэВ. Заключение о мультипольности для 40 γ -переходов сделаны впервые.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Gromov K.Ya. et al. 6-84-96
Investigation of ^{133}Ce Internal Conversion
Electron Spectra

The spectrum of electron internal conversion /EIC/ of ^{133}Ce is studied using the beta-spectrograph with constant magnetic field. The lines of 16 earlier unknown γ -transitions are detected. The ratios of mixing of the γ -transition multipolarities with energies 42.7, 58.4, 76.9, 87.9, 97.3 and 130.8 keV are determined from the ratios of intensities of the EIC L_1 -, L_2 - and L_3 -lines. Conclusions on the multipolarity for 40 γ -transitions are made for the first time.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984